

EFICIÊNCIA EM INOVAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES ASSOCIADAS À FUNDAÇÃO MINEIRA DE *SOFTWARE*

Eder Junior Alves

Mestre em Administração pela Universidade Federal de Minas Gerais – CEPEAD/UFMG

Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG

ederjr@des.cefetmg.br (Brasil)

Carlos Alberto Gonçalves

Doutor em Administração pela Universidade de São Paulo – USP

Professor da Universidade Federal de Minas Gerais – CEPEAD/UFMG e da Fundação Mineira de Educação e Cultura – FUMEC

carlos@face.ufmg.br (Brasil)

Henrique Cordeiro Martins

Doutor em Administração pela Universidade Federal de Minas Gerais – CEPEAD/UFMG

Professor da Fundação Mineira de Educação e Cultura – FUMEC

henrique.martins@fumec.br (Brasil)

RESUMO

Este artigo apresenta um modelo de avaliação da eficiência aplicado a empresas associadas à Fundação Mineira de *Software* - FUMSOFT. O modelo adotado na mensuração foi o *Variable Returns to Scale* (VRS) - (Banker, Charnes e Cooper, 1984) orientado a produto. A metodologia focou em métricas de produção da inovação nas firmas. Os insumos escolhidos baseados na literatura foram o número de empregados em geral e empregados com formação *stricto sensu* mestrado ou doutorado; e, os produtos foram faturamento bruto, número de projetos de inovação desenvolvidos com sucesso e participação de novos produtos ou serviços no faturamento. As medidas de resultados foram baseadas na construção e análise da fronteira de eficiência técnica relativa por meio da qual as empresas são classificadas em **eficientes** e **não eficientes**. Foram coletados dados de 28 organizações. Utilizou-se o método não paramétrico *Data Envelopment Analysis* (DEA) (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978) para avaliar graus de eficiência. Concluindo, onze organizações operaram com eficiência, nove dispõem de oportunidade para melhoria no total de vinte e oito empresas analisadas. Cinco foram excluídas como *outliers*.

Palavras-chave: Inovação; Empresas de *software*; Eficiência técnica relativa; Data envelopment analysis.

This is an Open Access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

1 INTRODUÇÃO

A atenção na administração efetiva de recursos, a busca sistemática por novos clientes e a necessidade de inovação ocupam parte significativa do tempo dos dirigentes nas empresas. Como menciona Tidd (1998), parte significativa do tempo das firmas está na busca de inovação ou dever do **innovar sem descanso** se não quiserem ficar defasadas e pagar o preço de perder mercados para os competidores. Mídias sociais e avanços tecnológicos estão transformando a forma analítica das organizações observarem dados para obterem informações.

Este artigo tem como propósito fornecer considerações coerentes, partindo da análise da eficiência técnica relativa de firmas focadas no desenvolvimento de *software* ou integração de sistemas na região de Belo Horizonte, estado federativo de Minas Gerais, Brasil. Utilizam-se indicadores da inovação como parâmetros de avaliação.

Nesta pesquisa, a inovação será um **novo** processo, serviço ou produto que, de alguma forma, proporciona um retorno tangível ou intangível para as organizações. Esse algo novo deve proporcionar **agregação de valor** para as firmas. Com tal definição, busca-se o modelo ideal para avaliação técnica relativa das organizações associadas à Fundação Mineira de *Software* (FUMSOFT), levando em conta suas peculiaridades.

Este artigo trata a seguir do referencial teórico, procedimentos metodológicos usados na coleta de dados para, então, fornecer os resultados, descrevendo as análises obtidas e as dificuldades encontradas. Finalmente, fornece as considerações e implicações, bem como limitações sugeridas para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Joseph A. Schumpeter, em 1934, conceituou inovação e introduziu na ciência econômica. O trabalho do autor tem influenciado as teorias da inovação ao longo do tempo (Organisation for Economic Co-Operation and Development [OECD], 2005). Schumpeter (1934) argumentou que desenvolvimento econômico é direcionado pela inovação por meio de um processo dinâmico em que novas tecnologias substituem antigas e esse processo foi denominado **destruição criativa**. A esse respeito, como observou Tidd (1998), a inovação contínua do produto está fortemente associada com a rentabilidade e o valor da empresa, qualquer que seja sua dimensão ou tipo de mercado.

Os trabalhos de Downie (1958, citado em Cantwell, 2003) e Penrose (1959) mencionam a teoria do crescimento comparativo da firma. Penrose (1959) antecipou a importância do conhecimento

tácito, visualizando com antecedência a importância da capacitação tecnológica e gerencial na competitividade da firma. A competitividade no mercado gera liderança econômica (Schumpeter, 1934), e essa corrida competitiva entre organizações estimula a inovação que abaixa custos e aumenta a qualidade de produtos na indústria (Cantwell, 2003).

A realização da inovação é função dos empresários (Schumpeter, 1934). Segundo Cantwell (2003), essa função empresarial não tem sido eliminada. Contudo, está mais institucionalmente embutida na habilidade de relacionamento (*networking*) e construção de novas conexões.

Christensen (1997) forneceu um conjunto de regras denominadas princípios da inovação com interrupções que mostraram necessidade de os gestores terem o julgamento correto quando procedimentos e princípios aceitos como bom gerenciamento devam ser seguidos e quando princípios alternativos são apropriados.

De acordo com Tidd, Bessant e Pavitt (2008), para se construírem organizações inovadoras, existem fatores que contribuem como apoio, tais como a estrutura organizacional, os papéis exercidos por indivíduos-chave, o treinamento e desenvolvimento da equipe, a maneira como as pessoas se envolvem com a inovação, a situação da organização em relação à aprendizagem e compartilhamento do conhecimento entre outros.

Conforme Stamm e Trivilova (2009), nos últimos 40 anos, a pesquisa sobre inovação teve foco em tentar explicar como as inovações poderiam ter mais sucesso. Nos anos de 1970 e 1980, aprendeu-se o processo de inovação e gerenciamento de portfólio. Nos anos 1990, aprofundou-se a colaboração interdisciplinar e o envolvimento do cliente e, nos últimos 10 anos, falou-se sobre a importância da cultura e das questões sociais e sua influência na inovação.

O Quadro 1 mostra uma compilação dos conceitos de inovação e seus respectivos autores.

FONTE	CONCEITO	PALAVRAS CHAVE
Schumpeter (1934)	Inovação esta associada a tudo que diferencia e cria valor a	Diferencia e

	um negócio.	cria valor
Rogers e Shoemaker (1971)	“a inovação é uma ideia , uma prática ou um objeto percebido como novo pelo indivíduo”.	Ideia, Prática, novo
Cantwell (2003)	Inovação é um jogo de soma positiva que consiste em esforços muitas vezes de vários para desenvolver novos campos de criação de valor .	Criação de valor
OECD (2005)	“Uma inovação é a implementação de um novo produto (mercadoria ou serviço) ou um produto significativamente melhorado, ou processo, um novo método mercadológico , ou um novo método organizacional em praticas, organização do local de trabalho ou relações externos nos negócios”.	Novo, mercadológico
Kim (2005)	“O termo inovação é definido como atividade pioneira , baseada principalmente nas competências internas de uma empresa desenvolver e introduzir um novo produto no mercado ”.	Pioneira, Novo, mercado
Tigre (2006)	“a inovação ocorre com a efetiva aplicação prática de uma invenção”.	Aplicação prática
Freeman e Soete (2008)	A inovação era alavancada pela invenção científica e induzida pela necessidade de mercado. A mudança tecnológica seria continuamente adaptada.	Invenção, mudança tecnológica
Tidd et al. (2008)	Fatores de organizações inovadoras: a estrutura organizacional, papéis exercidos, treinamento, maneira como as pessoas se envolvem com a inovação, situação da organização em relação à aprendizagem e compartilhamento do conhecimento entre outros.	Aprendizagem, conhecimento
Stamm e Trivilova (2009)	Inovação vem da combinação de novos caminhos construídos sobre o que foi e imaginando o que será.	Novos Caminhos, Passado e futuro
<p>Quadro 1 – Conceitos de inovação e seus respectivos autores</p> <p>Fonte: Elaborado pelos autores</p>		

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho calcula eficiência por meio do método *Data Envelopment Analysis* (DEA). Tal método usa programação matemática para medir a eficiência das unidades tomadoras de decisão (Ray, 2004), utilizando múltiplos insumos na produção de múltiplos produtos. Esta pesquisa incorpora à função de produção insumos e produtos escolhidos em função da perspectiva da inovação sem necessariamente estabelecer, *a priori*, os pesos desses indicadores.

No método DEA, *Decision Making Unit* (DMU) é considerada qualquer entidade que converte múltiplos insumos em produtos. DEA usa a sigla DMU para representar as entidades sob avaliação que, em termos metodológicos desta pesquisa, significam empresa associada à FUMSOFT.

Farrel (1957) buscou medir a eficiência produtiva, fornecendo uma contribuição pioneira ao definir eficiência técnica. O autor iniciou sua proposição por meio de um diagrama de isoquanta e formulou um modelo de programação linear para medir a eficiência técnica de uma empresa com referência a um *benchmark* caracterizado por retornos constantes de escala.

O método DEA foi proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (CCR) para avaliação do desempenho relativo de escolas públicas dos Estados Unidos (Charnes et al., 1978). O modelo CCR ou *Constant Return to Scale* (CRS) destina-se à avaliação de eficiência técnica de unidades tomadoras de decisão (DMU) que operam globalmente sob retornos constantes de escala.

Um avanço significativo na teoria aconteceu em 1984, quando Banker, Charnes e Cooper (BCC) ampliaram o modelo DEA-CRS para acomodar unidades tomadoras de decisões, que exibiam retornos variáveis à escala (Banker et al., 1984), sendo chamado BCC ou *Variable Returns to Scale* (VRS).

Com base na escolha dos indicadores em inovação e informações obtidas junto às empresas e ao departamento de inovação e internacionalização da FUMSOFT, escolheu-se o modelo orientado à expansão de produtos do método DEA. Entende-se que será interessante para as empresas associadas à FUMSOFT manter os insumos e expandir os produtos. A definição das métricas de inovação como insumo e produto será fornecida na metodologia da pesquisa.

No modelo orientado a produto escolhido é possível obter uma perspectiva em que a função-objetivo minimiza os insumos. Se comparado com o modelo orientado a insumo, a função-objetivo maximiza os produtos. Sendo assim, na orientação a produtos, o modelo busca aumentar os seus níveis de produto pelo mesmo fator Φ enquanto mantém todos os insumos nos níveis correntes. Φ é a solução ótima ou escore de eficiência.

A eficiência técnica da DMU é obtida tomando-se o inverso de Φ ($1/\Phi$). Escore ou indicador de eficiência é esse indicador que varia numericamente entre 0 e 1 (0 = eficiência mínima e 1 = eficiência máxima). Seu cálculo é efetuado para cada DMU. Segue a equação 1 escolhida para o cálculo dessa eficiência.

Max Θ sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{rj} \geq \theta y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall j$$

em que

n: número de empresas

s: quantidade de produtos

m: quantidade de insumos

y_{rj}: quantidade de produto r pela unidade j;

x_{ij}: quantidade de insumo i pela unidade j;

Equação 1 – Modelo VRS Envelopamento Orientado a Produto

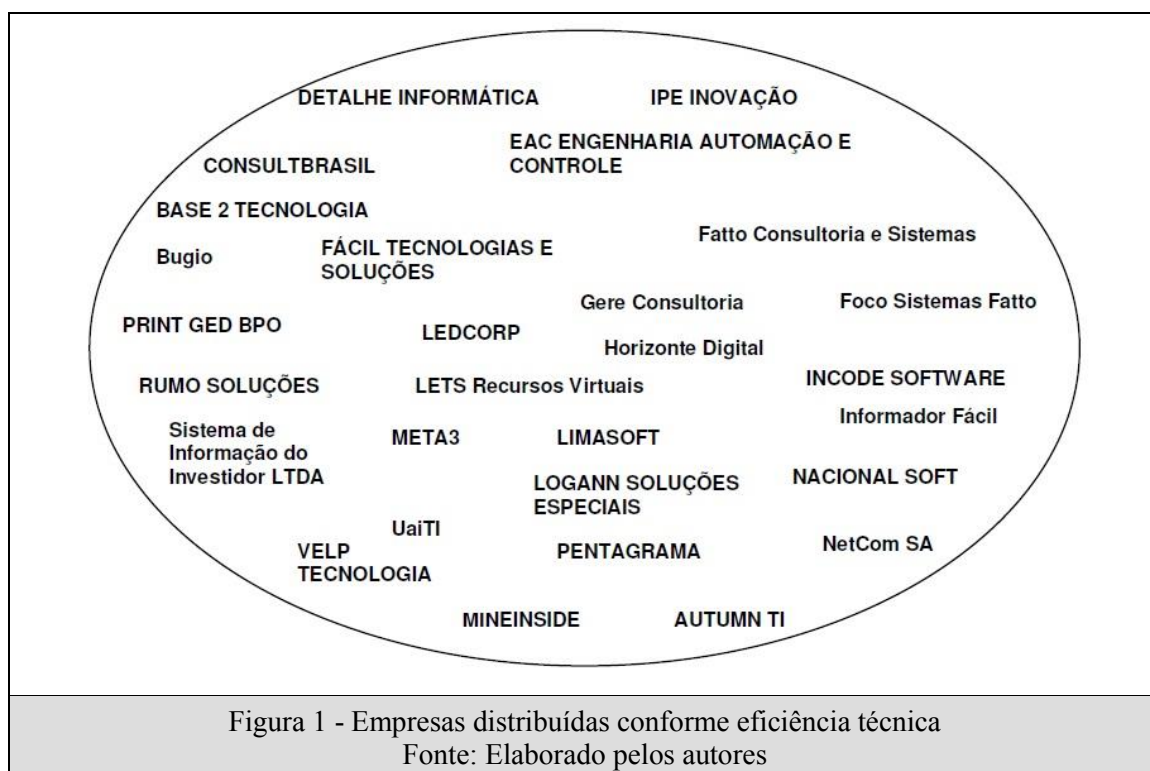
Fonte: COOK e ZHU (2008)

O lambda representa referência para a DMU sob análise. Se $\lambda_j = 0$, a DMU j não é *benchmark* para a DMU em análise. Se $\lambda_j > 0$, a DMU é *benchmark* para a DMU em análise. Quanto maior for o lambda, maior a importância da DMU correspondente como referência para a DMU ineficiente. Nesse contexto, a eficiência técnica relativa em inovação das firmas associadas à FUMSOFT segue o critério de avaliação conforme o método DEA.

A unidade de análise aqui adotada será a FUMSOFT, instituição voltada para o desenvolvimento científico e tecnológico que atua junto a organizações do setor privado com características relacionadas ao desenvolvimento de *software*.

Os dados capturados são primários aumentando a confiabilidade das informações. A extração dos dados é feita por meio de recorte realizado em 23 de março de 2012. Procedimentos foram realizados para eliminar inconsistências. A literatura trata como retirada de *outliers*. O *software* DEA Solver foi o escolhido para rodar o modelo Envelopamento VRS Orientado a Produtos.

Uma cláusula de confidencialidade foi aplicada apagando-se os nomes das organizações sob análise. Empresas que responderam ao questionário não terão sua classificação publicada. Foi realizado um re-ordenamento randômico, caracterizando as participantes em Empresa_1, Empresa_2, Empresa_3 e, assim, sucessivamente. A Figura 1 mostra tais empresas antes de serem renomeadas.



Dessa forma, nas sessões seguintes sobre procedimentos, técnicas e tratamento dos dados, aparecerá o codinome: Empresa_1, Empresa_2 e assim por diante. Isso ocorre com as vinte e oito empresas.

3.1 Procedimentos e técnicas usadas para coletar dados

A coleta de dados foi conduzida por meio do gerenciamento das atividades de planejamento, escolha de indicadores, projeto para **Internet** e captação via questionário desenvolvido em formulário eletrônico.

A extração dos dados foi feita em condições estáticas, ou seja, foi efetuado um recorte da massa advinda do banco de dados MySQL. Esse uso do método DEA dependente do período é conhecido como análise de janela conforme Charnes, Clark, Cooper e Golany (1984).

O questionário foi desenvolvido pelo pesquisador em parceria com o gerente da área de mercadologia e os especialistas do núcleo de inovação e internacionalização da FUMSOFT. O Quadro 2 lista as fases para execução da coleta de dados, aplicação do método DEA e análise dos resultados.

	FASES	DESCRIÇÃO
1	Leitura e análise da documentação sobre inovação, indicadores em geral e eficiência técnica relativa.	O trabalho inicia-se com a análise da documentação vinculada ao problema de pesquisa. Indicadores em inovação e eficiência técnica relativa são o foco principal.
2	Escolha dos indicadores em inovação da pesquisa.	Reuniões formais com as partes interessadas (equipe FUMSOFT, pesquisadores e seminário interativo com um dos principais autores DEA). Sessões de <i>brainstorming</i> para escolha dos indicadores do modelo.
3	Planejamento e construção do questionário na Internet.	Elaboração de projeto para desenvolvimento de questionário contendo perguntas que forneciam as informações necessárias determinadas na fase 2. Questões computacionais discutidas.
4	Aprovação da diretoria da FUMSOFT para disponibilizar pesquisa.	Elaboração de sumário executivo para ser apresentado na reunião. Atuação junto aos diretores para motivar aprovação.
5	Definição de insumos e produtos para o modelo DEA.	Escolha com base nos indicadores em inovação escolhidos na fase 2.
6	Tratamento dos dados coletados.	Retirada de inconsistências nos dados atendendo restrições nas referências da literatura.
7	Aplicação do método DEA.	Execução computacional do modelo DEA Envolvimento VRS Orientado a Produtos, utilizando o <i>software</i> DEASolver.
8	Análise dos resultados.	Análise dos escores de eficiência, <i>benchmarks</i> e classificação das empresas em eficiente e não eficiente.
<p>Quadro 2 – Fases de coleta e análise dos dados da pesquisa</p> <p>Fonte: Elaborado pelos autores artigo</p>		

3.2 Escolha dos insumos e produtos para o modelo DEA

Os insumos e produtos fornecem subsídios para o método DEA calcular a eficiência técnica relativa das DMUs sob análise. Para definir os insumos e produtos da pesquisa, foram realizadas reuniões semanais com a equipe do projeto de pesquisa, consultando a metodologia NUGIN de Coral, Ogliari e Abreu (2008). Sugestões de indicadores em inovação de professores especialistas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) foram atendidas.

Banker, Cheng e Natarajan (2005) ao avaliarem a evolução da produtividade, progresso técnico e mudança da eficiência técnica na indústria dos Estados Unidos da America, entre 1995 e 1999,

usaram dados focados em Recursos Humanos (RH) e receita. A definição dos insumos e produtos desse trabalho científico teve essa perspectiva dos autores em RH e receita das firmas.

Banker, Chang, Janakiraman e Konstans (2004) mencionaram a importância de utilização de indicadores financeiros e não-financeiros no balanceamento das escolhas dos insumos e produtos. Zhang, Banker, Li e Liu (2011) afirmaram que a especificação das variáveis para insumos e produtos é crucial na análise da produtividade quando se estiver usando DEA porque influencia diretamente a validade e a credibilidade da medida de eficiência técnica relativa.

Com base na literatura, os insumos escolhidos foram número de empregados e sócios, bem como número de mestres e doutores.

Número de empregados é um dos insumos escolhidos por Zheng et al. (2011). Olve, Roy e Wetter (1999) sugeriram o número de empregados como indicador estratégico na perspectiva de recursos humanos do *Balanced Scorecard* (BSC). Esse indicador/insumo foi calculado somando-se o número de sócios das empresas mais o número de todos os colaboradores. Para o número de mestres e doutores levou-se em conta as pessoas que têm título de mestre, MBA ou pós-graduação, somando o número de pessoas que têm doutorado.

Com relação aos produtos escolhidos, estes foram faturamento bruto, número de projetos de inovação implementados com sucesso e participação de novos produtos/serviços no faturamento (%).

O faturamento bruto refere-se ao faturamento bruto anual do ano 2011. Olve et al. (1999) utilizaram esse indicador para cálculos de outros indicadores compostos e os posicionaram na perspectiva financeira. O produto número de projetos de inovação implementados com sucesso faz menção à quantidade de projetos de inovação implementados com sucesso. Participação de novos produtos/serviços no faturamento (%) significa qual a participação percentual da receita de novos produtos e serviços no faturamento da empresa.

3.3 Tratamento dos dados

A preocupação com os *outliers* está presente no sentido de controlar e monitorar tais entidades conforme proposto pelo trabalho de Cazals, Florens e Simar (2002). Os *outliers* foram detectados observando-se a tabela de dados extraída do banco de dados do questionário eletrônico. DMUs *outliers* foram retiradas da amostra.

Antes, porém, uma tentativa para obter dados consistentes foi realizada, entrando em contato com proprietários e gerentes dessas organizações para motivar o fornecimento das informações faltantes. Empresa_2 e Empresa_3 forneceram essa informação via telefone.

A Tabela 1 mostra os dados prontos para execução do método DEA.

Tabela 1 – Dados com a exclusão das DMUs considerados *outliers*

Empresas	Número de empregados e sócios	Número de mestres e doutores	Faturamento bruto	Número de projetos de inovação implantados com sucesso	Participação de novos produtos ou serviços no faturamento (%)
Empresa_1	35	3	345.3267	1	0
Empresa_2	37	8	500.0000	0	0
Empresa_3	54	10	6.000.000	0	5
Empresa_4	12	1	2.000.000	1	10
Empresa_5	27	5	815.166	0	0
Empresa_6	4	0	200.000	3	100
Empresa_7	28	3	3.200.000	0	0
Empresa_8	4	1	120.000	6	5
Empresa_9	31	15	2.000.000	7	35
Empresa_10	7	2	450.000	1	0
Empresa_11	3	0	120.000	1	20
Empresa_12	36	5	2.500.000	0	0
Empresa_13	17	2	960.000	1	2
Empresa_14	17	3	1400.000	1	30
Exclusão!	-	-	-	-	-
Empresa_16	5	3	60.000	0	0
Empresa_17	14	0	301.333	0	0
Empresa_18	2	2	200.000	0	0
Empresa_19	11	2	420.000	0	0
Empresa_20	18	10	1.800.000	14	90
Exclusão!	-	-	-	-	-
Empresa_22	7	2	300.000	2	0
Exclusão!	-	-	-	-	-
Empresa_24	50	3	2.500.000	0	0
Empresa_25	20	1	3.800.000	5	10
Exclusão!	-	-	-	-	-
Empresa_27	12	3	280.000	0	0
Exclusão!	-	-	-	-	-
Legenda: Exclusão! significam <i>outliers</i> ou empresas que não atenderam ao critério de comparação homogênea					
Fonte: Elaborado pelos autores					

Charnes, Cooper e Li (1989) recomendaram ter um número mínimo de DMUs que é igual ou maior que três vezes a soma do número dos insumos e produtos. Segundo os autores, como todas as DMUs são calculadas para serem eficientes, se o número de DMUs for pequeno em relação à soma dos insumos e produtos, poderão ter todas elas sobre a fronteira da eficiência, ou seja, serão consideradas todas eficientes.

Esta pesquisa atende essa premissa porque o número de empresas da amostra intencional é 23, sendo superior ao número 15 calculado pela fórmula de Charnes et al. (1989). Das vinte e oito iniciais, cinco foram consideradas *outliers*.

Nas informações apresentadas na Tabela 1, nota-se que foram excluídas da análise as empresas 15, 21, 23, 26 e 28. Sendo assim, a população de DMUs se reduziu a 23 empresas. Cinco empresas foram descartadas por falta de informação, *outlier* ou não atendimento ao critério de comparação homogêneo.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Todas as DMUs analisadas dedicam-se ao desenvolvimento de *software* ou integração de sistemas, participam da mesma associação (FUMSOFT) e estão localizadas na mesma região geográfica (Belo Horizonte – MG – Brasil). Sendo assim, questões de impostos, localização de clientes e fonte de colaboradores qualificados têm critérios semelhantes para tais unidades tomadoras de decisão sob análise. Portanto, a amostra é homogênea.

4.1 Apresentação descritiva dos dados das empresas de *software*

A Tabela 2 mostra a estatística descritiva das variáveis escolhidas como insumos e produtos. Ao observar a Tabela 2, note-se que número de mestres e doutores, número de projetos de inovação implementados com sucesso e participação de novos produtos/serviços no faturamento (%) apresentam um valor mínimo igual a zero e isso não ocorre com nenhum outro indicador ou função estatística.

Ainda observando os dados apresentados na Tabela 2, a variação de faturamento bruto está no intervalo de R\$60.000,00 (mín.) e R\$6.000.000,00 (máx.). Essa variação indica que a amostra tem apenas empresas classificadas como micro e pequenas, conforme critérios de porte das empresas do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES, 2010). A amostra desta pesquisa abrange 34,78% de pequenas empresas e 65,21% de micro empresas.

Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis da análise DEA/VRS

	Médias	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Insumos				
Número de Empregados	19,82	14,80	2	54
Número de Mestres e Doutores	3,65	3,66	0	15
Produtos				
Faturamento Bruto	R\$ 1.646.946	R\$ 1.658.387	R\$ 60.000	R\$ 6.000.000
Número de Projetos de Inovação Implantados com Sucesso	1,86	3,26	0	14
Participação de Novos Produtos ou Serviços no Faturamento (%)	13,34%	27,01%	0.00%	100.00%
Fonte: Elaborado pelos autores				

Na avaliação dos especialistas da FUMSOFT, esse porte é uma das faixas em que as organizações necessitam de financiamento por estarem em situação vulnerável em termos do tamanho da empresa e volume de negócios. Essa constatação reforça a justificativa adotada para direcionar a pesquisa para esse perfil de firmas e compará-las. Órgãos governamentais, como Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), fornecem incentivos para empresas com essa característica.

4.2 Padrões de dados para análise dos indicadores de inovação

Davis (1971), Hinkle, Wiersma e Jurs (1979), Hopkins (2000) e Pearson (1920) fizeram classificações para interpretar o coeficiente de correlação. Observou-se que a correlação entre o número de empregados e sócios e o faturamento bruto é mais alta, sendo classificada como muito forte (Davis, 1971), alta (Hinkle et al., 1979) e muito alta (Hopkins, 2000).

O coeficiente de correlação entre as variáveis selecionadas, ou seja, entre os insumos e produtos escolhidos são expostos na Tabela 3. Essa tabela foi gerada pelo *software* DEASolver.

A correlação entre o número de projetos de inovação implementados com sucesso e a participação de novos produtos ou serviços no faturamento, em percentual, obteve associação substancial segundo Davis (1971), correlação moderada de acordo com Hinkle et al. (1979) e alta conforme Hopkins (2000).

Tabela 3 - Correlação das variáveis escolhidas

	Número de empregados e sócios	Número de mestres e doutores	Faturamento bruto	Número de projetos de inovação implantados com sucesso	Participação de novos produtos ou serviços no faturamento (%)
Número de empregados e sócios	1,0000				
Número de mestres e doutores	0,5612	1,0000			
Faturamento bruto	0,8480	0,4968	1,0000		
Número de projetos de inovação implantados com sucesso	-0,1058	0,4143	-0,0186	1,0000	
Participação de novos produtos ou serviços no faturamento (%)	-0,1867	0,2075	-0,1152	0,6776	1,0000
Fonte: Elaborado pelos autores					

A correlação entre o número de mestres e doutores com os indicadores faturamento bruto e número de projetos implementados com sucesso foi moderada (Davis, 1971; Hopkins, 2000) conforme observado nas linhas 4 e 5, cruzando com a coluna 3 da Tabela 3.

4.3 Análise da eficiência técnica relativa das empresas avaliadas

As informações sobre eficiência técnica relativa fornecida pelos dados após a aplicação do modelo DEA VRS orientado a produtos são fornecidas na Tabela 4. O escore e a classificação em eficiente e ineficiente das empresas estão nas terceira e quarta colunas respectivamente.

A 3ª coluna contém o escore de eficiência. Um resultado igual a 1 significa que a DMU sob análise é eficiente, enquanto um escore diferente de 1 indica que a DMU é ineficiente. Essa classificação em eficiente e ineficiente é fornecida na 4ª coluna. A 6ª coluna fornece os *benchmarks*, ou seja, a (s) empresa (s) referência para aquelas ineficientes.

Quando uma empresa obtém a classificação de eficiente significa que a mesma compõe a fronteira, ou seja, não existe nenhuma outra empresa dentre o conjunto de empresas estudadas que consiga resultados superiores com a mesma quantidade de recursos (insumos).

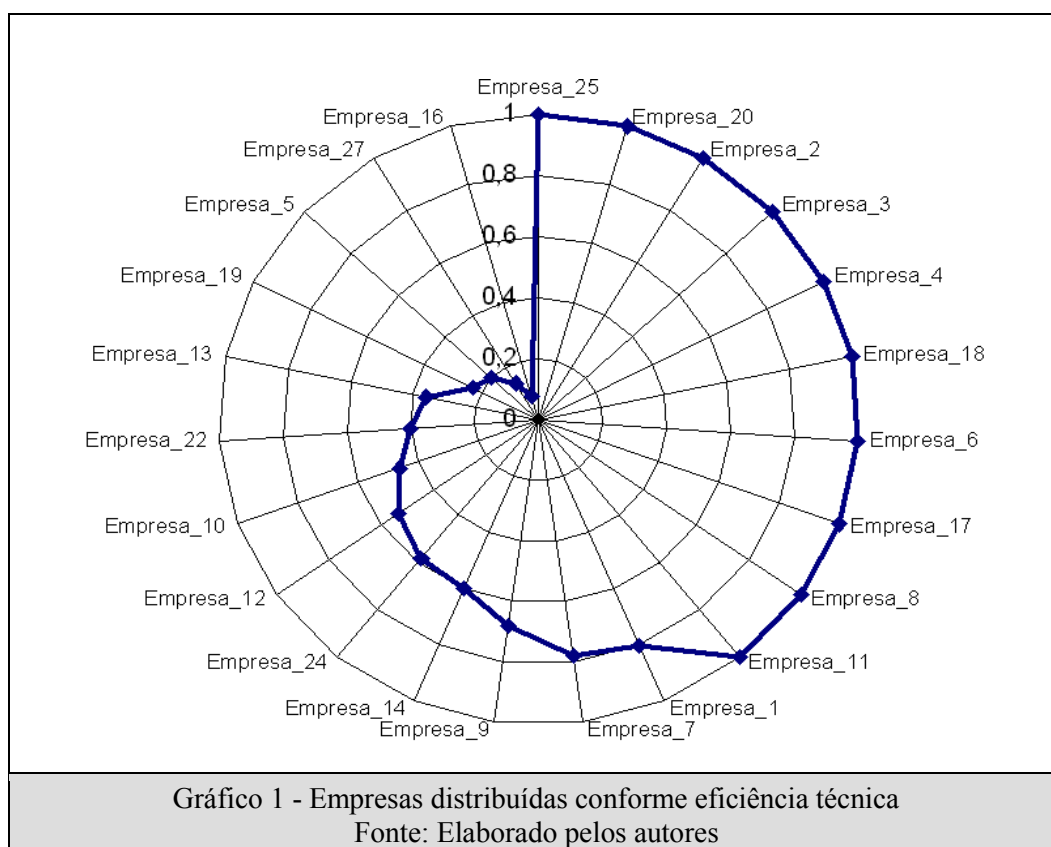
Observando tais escores, as empresas 2, 3, 4, 6, 8, 11, 17, 18, 20 e 25 apresentaram-se como eficientes (43% do total de empresas avaliadas), ou seja, estão utilizando seus recursos para obtenção de resultado superior.

A Empresa_16 apresentou escore 0,0810 e está mais distante da fronteira de eficiência em comparação com as demais ineficientes. As empresas Empresa_4 e Empresa_18 são referência para a Empresa_16, sendo assim seu *benchmark*.

Tabela 4 - Escore de eficiência das organizações em análise

No.	DMU	Escore	Classificação	Referências
1	Empresa_1	0,8051	Ineficiente	Empresa_3, Empresa_25
2	Empresa_2	1,0000	Eficiente	Empresa_2
3	Empresa_3	1,0000	Eficiente	Empresa_3
4	Empresa_4	1,0000	Eficiente	Empresa_4
5	Empresa_5	0,2037	Ineficiente	Empresa_2, Empresa_25
6	Empresa_6	1,0000	Eficiente	Empresa_6
7	Empresa_7	0,7804	Ineficiente	Empresa_2, Empresa_25
8	Empresa_8	1,0000	Eficiente	Empresa_8
9	Empresa_9	0,6833	Ineficiente	Empresa_3, Empresa_20
10	Empresa_10	0,4621	Ineficiente	Empresa_4, Empresa_8, Empresa_18
11	Empresa_11	1,0000	Eficiente	Empresa_11
12	Empresa_12	0,5334	Ineficiente	Empresa_2, Empresa_3, Empresa_25
13	Empresa_13	0,3595	Ineficiente	Empresa_4, Empresa_20, Empresa_25
14	Empresa_14	0,5992	Ineficiente	Empresa_6, Empresa_20, Empresa_25
15	Empresa_16	0,0810	Ineficiente	Empresa_4, Empresa_18
16	Empresa_17	1,0000	Eficiente	Empresa_17
17	Empresa_18	1,0000	Eficiente	Empresa_18
18	Empresa_19	0,2307	Ineficiente	Empresa_4, Empresa_18
19	Empresa_20	1,0000	Eficiente	Empresa_20
20	Empresa_22	0,4029	Ineficiente	Empresa_4, Empresa_8, Empresa_20
21	Empresa_24	0,5829	Ineficiente	Empresa_3, Empresa_25
22	Empresa_25	1,0000	Eficiente	Empresa_25
23	Empresa_27	0,1400	Ineficiente	Empresa_4
Fonte: Elaborada pelos autores				

As DMUs Empresa_4 e Empresa_25 apareceram como *benchmark* para a maioria das empresas ineficientes, sendo que seis empresas ineficientes devem tomar os resultados da Empresa_4 como parâmetro para alcançar a eficiência. Sete empresas devem tomar como parâmetro a Empresa_25. O Gráfico radar 1 apresenta um complemento visual, em que as empresas eficientes estão com escore 1 e sobre a fronteira.



A Tabela 5 apresenta os objetivos para DMUs ineficientes em função do número de projetos de inovação com sucesso. Considerando referências e informações para traçar o direcionamento que as empresas ineficientes precisam para se tornar eficientes, optou-se por mostrar neste artigo o progresso necessário desse indicador.

Na 7ª coluna da Tabela 5 apresenta-se a quantidade de projetos de inovação que as empresas ineficientes da 2ª coluna precisam implementar para buscar resultados melhores. Nota-se que essa quantidade de projetos da 7ª coluna é obtida pela diferença entre a soma total da multiplicação entre os lambdas (λ) e o número de projetos de inovação implantados com sucesso de todos os *benchmarks* encontrados para aquela DMU ineficiente, menos o número de projetos atual da DMU.

Tabela 5 - Aumento numérico de projetos de inovação com sucesso

Rank	DMU	Escore	Referências	Lambdas	Objetivo total	Aumento necessário no número de projetos de inovação
11	Empresa_1	0,8051	Empresa_3 Empresa_25	0,2222 0,7777	3,89	3
12	Empresa_7	0,7804	Empresa_2 Empresa_25	0,2500 0,7500	3,75	4
13	Empresa_9	0,6833	Empresa_3 Empresa_20	0,2682 0,7317	10,24	3
14	Empresa_14	0,5992	Empresa_6 Empresa_20 Empresa_25	0,3424 0,1155 0,5420	5,35	4
15	Empresa_24	0,5829	Empresa_3 Empresa_25	0,2222 0,7777	3,89	4
16	Empresa_12	0,5334	Empresa_2 Empresa_3 Empresa_25	0,1789 0,3052 0,5157	2,58	3
17	Empresa_10	0,4621	Empresa_4 Empresa_8 Empresa_18	0,4426 0,2868 0,2704	2,16	1
18	Empresa_22	0,4029	Empresa_4 Empresa_8 Empresa_20	0,2874 0,6625 0,0500	4,96	3
19	Empresa_13	0,3595	Empresa_4 Empresa_20 Empresa_25	0,6036 0,0217 0,3745	2,78	2
20	Empresa_19	0,2307	Empresa_4 Empresa_18	0,9000 0,9998	0,90	1
21	Empresa_5	0,2037	Empresa_2 Empresa_25	0,1666 0,8333	4,17	4
22	Empresa_27	0,1400	Empresa_4	1,0000	1,00	1
23	Empresa_16	0,0810	Empresa_4 Empresa_18	0,3000 0,6999	0,30	0
Fonte: Elaborada pelos autores						

Dessa forma, por exemplo, para que a unidade Empresa_1 ineficiente se torne eficiente não teria que aumentar o número de projetos de inovação em relação à Empresa_3 porque esta não implantou projetos dessa natureza. Teria, porém, que obter um aumento no número de projetos de inovação equivalente a 77,8% em relação à Empresa_25.

Esse valor significa que a DMU Empresa_1 teria que apresentar 3,89 (aproximado para 4 na coluna 7) projetos de inovação a mais no seu portfólio para ser considerada eficiente nesse modelo.

No caso da Empresa_16, considerada a mais ineficiente, com escore 0,0810, as referências foram as empresas Empresa_4 e Empresa_18. Não se propõe aumento no número de projetos de inovação porque apenas a sua referência Empresa_4 implantou um projeto de inovação. O cálculo do objetivo total em função do λ ficou em 0,30 sendo aproximado para zero.

O método DEA escolhido busca uma expansão radial dos produtos, enquanto mantém os insumos constantes. Sendo assim, a apresentação dos resultados foi em função de manter inalterados os insumos. Por outro lado, produtos, tais como faturamento bruto, número de projetos de inovação implantados com sucesso e participação de novos produtos ou serviços no faturamento sofreram sugestões de alteração (aumento). Este artigo concentrou-se em mostrar apenas a expansão necessária de número de projetos de inovação implantados com sucesso.

4.4 A internacionalização e o questionário da pesquisa

Com relação à inovação e internacionalização, observou-se, por meio das respostas do questionário da pesquisa, que as empresas 1, 4, 5, 6, 14, 23 e 25 responderam atuar no mercado internacional. Dentre as vinte e oito apenas sete indicaram essa atuação com significação de 25%.

Das seis empresas atuantes no mercado internacional, apenas as empresas 4, 6 e 25 foram classificadas como eficientes. Das vinte e três empresas em análise, dez foram eficientes. Dessas dez eficientes, três tinham internacionalização. Significa que 30% das eficientes tinham internacionalização de seus produtos ou serviços.

5 CONSIDERAÇÕES E IMPLICAÇÕES

Em termos de contribuição para a comunidade científica, este trabalho propõe um esquema para avaliação de organizações empresariais medindo a eficiência técnica relativa por meio do modelo DEA VRS envelopamento orientado para produto, comparando tais DMUs em termos de inovação. Torna-se a primeira pesquisa que utilizou tal estrutura metodológica nesse escopo geográfico em empresas com essas características.

Os resultados mostram que faturamento alto não significa eficiência técnica relativa. As empresas Empresa_1 e Empresa_7 revelam faturamento acima dos 3 milhões de reais, são classificadas como ineficientes, tendo faturamento bruto maior que as empresas eficientes Empresa_4, Empresa_6, Empresa_8, Empresa_11, Empresa_17, Empresa_18 e Empresa_20.

As empresas Empresa_8 e Empresa_11 tiveram faturamento, em 2011, de R\$ 120.000,00 cada uma. Entretanto, ao avaliar seus insumos e outros produtos relevantes, obtiveram o escore igual a 1 o que lhes proporcionou o *status* de eficientes. O número reduzido de empregados e sócios pode ser uma explicação. Somente a Empresa_18 teve número de empregados (*headcount*) menor que essas duas empresas.

Nota-se, na análise dos resultados, que a Empresa_3 teve o maior faturamento e está sendo posicionada como eficiente, sendo referência para empresas ineficientes. Contudo, na maioria dos casos, os *benchmarks* foram as empresas Empresa_4 e Empresa_25, aparecendo respectivamente seis e sete vezes como referência para as ineficientes.

Por meio dos resultados obtidos na Tabela 4, empresas ineficientes podem conhecer suas referências que podem servir de parâmetro para busca de melhores práticas e alcance da eficiência técnica relativa.

Conclui-se que a FUMSOFT deve colaborar com as empresas associadas para que elas aumentem o número de projetos de inovação focando a execução para obter sucesso. A Tabela 5 mostrou o cálculo do número de projetos que cada uma das empresas ineficientes deveria aumentar para melhorar o seu desempenho.

Ajudar as empresas a captar recursos municipais, estaduais ou federais para aplicar em projetos de inovação não é suficiente. Sucesso no desenvolvimento desses projetos é requerido. Auxílio na execução por meio de gerenciamento de projetos, treinamentos e capacitação dos funcionários das associadas via parcerias deve ser adotado e aprimorado para que organizações classificadas como ineficientes aumentem o número de projetos de inovação ou busquem a expansão no percentual de novos produtos ou serviços no seu faturamento.

O trabalho de pesquisa desenvolvido dentro da FUMSOFT ajudou os gestores da instituição a repensarem a forma de buscar informações de suas associadas, contribuindo para que novas pesquisas possam ser realizadas porque o aparato tecnológico preparado para esta pesquisa pode ser reutilizado.

O benefício fornecido para as empresas associadas respondentes foi o estudo sobre sua eficiência e suas referências. Isso pode alavancar um direcionamento dos gestores para maximizar seu índice de eficiência com consumo dos insumos disponíveis.

Com relação à comunicação dos resultados para o setor privado, reforça-se que, ao comunicar essa análise para os gestores privados, deve-se avisar que foi uma análise relativa e referente ao conjunto daquelas firmas associadas à Associação Produtiva Local (APL) da FUMSOFT. A questão tácita não está sendo considerado no trabalho, ou seja, o que não foi informado no questionário ou dito pelos gestores das empresas.

5.1 Limitações

Em relação à captura dos dados, existe a questão temporal como limitação. Como os questionários são direcionados à percepção dos respondentes (gestores ou executivos das empresas), sabe-se que suas opiniões podem mudar com o passar do tempo. Ocorreu também dificuldade nesta pesquisa com relação aos respondentes incapazes ou relutantes em fornecer a informação desejada.

Este trabalho tratou da avaliação relativa, ou seja, levou em conta o conjunto das DMUs (empresas de *software* ou integradoras de sistemas associadas). Os resultados limitam-se a esse conjunto de empresas. Entrada ou retirada de qualquer empresa da análise altera o resultado, bem como as escolhas para insumos e produtos alterariam.

O termo homogêneo está vinculado com atividade de desenvolvimento de *software* ou integração de sistemas, tamanho da empresa e volume de negócios. Se as empresas fazem *software* sobre demanda ou apenas lançam produtos no mercado, tal fato não foi abordado para classificá-las, bem como se fazem *software* básico ou sofisticado.

5.2 Pesquisas futuras

Empresa eficiente hoje pode não ser amanhã e vice-versa. Uso do índice de Malmquist (Malmquist, 1953) pode ser relacionado como novo trabalho proposto para avaliar as mesmas empresas do APL da FUMSOFT ao longo dos anos seguintes e, assim, obter maior abrangência na medida de sua eficiência.

REFERÊNCIAS

- Banker, R. D., Chang, H., Janakiraman, S. N., & Konstans, C. (2004). A balanced scorecard analysis of performance metrics. *European Journal of Operational Research*, 154(2), 423-436.
- Banker, R. D., Chang, H., & Natarajan, R. (2005). Productivity change, technical progress and relative efficiency change in the public accounting industry. *Management Science*, 51(2), 291-304.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. (2010). *Porte de Empresas*. Recuperado em 02 de maio, 2012 de http://www.bndes.gov.br/SiteBNDS/bndes/bndes_pt/Navegacao_Suplementar/Perfil/porte.html.

- Cantwell, J. (2003). Innovation and competitiveness. In J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson (Eds), *Handbook of innovation* (pp. 544-567). New York: Oxford University Press.
- Cazals, C., Florens, J., & Simar, L. (2002). Nonparametric frontier estimation: a robust approach. *Journal of Econometrics*, 106(1), 1-25.
- Charnes, A., Clark, C. T., Cooper, W. W., & Golany, B. (1984). A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. air forces. *Annals of Operations Research*, 2(1), 95-112.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Li, S. (1989). Using DEA to evaluate the efficiency of economic performance by Chinese cities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 23(6), 325-344.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*. Boston: Harvard Business School Press.
- Cook, W. D., & Zhu, J. (2008). *Data envelopment analysis: modeling operational processes and measuring productivity*. Charleston: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Coral, E., Ogliari, A., & Abreu, A. F. (2008). *Gestão integrada da inovação: estratégia, organização e desenvolvimento de produtos*. São Paulo: Atlas.
- Davis, J. A. (1971). *Elementary survey analysis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Farrel, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*, 120(3), 253-290.
- Freeman, C., & Soete, L. (2008). *A economia da inovação industrial* (3. ed.). Campinas: Unicamp.
- Hinkle, D. E., Wiersma, W., & Jurs, S. G. (1979). *Applied statistics for the behavioral sciences*. Chicago: Rand McNally College Publishing.
- Hopkins, W. G. (2000). A scale of magnitudes for effect statistics. In W. G. Hopkins, *A new view of statistics*. Recuperado em 10 de maio, 2012, de <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>.
- Kim, L. (2005). *Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coreia* (Clássicos da Inovação). Campinas: Unicamp.
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4(2), 209-242.
- Olve, N., Roy, J., & Wetter, M. (1999). *Performance drivers: a practical guide to using the balanced scorecard*. Chichester: John Wiley.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development (2005). *Oslo manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data* (3rd ed.). Paris: Author.
- Pearson, K. (1920). Notes on the history of correlation. *Biometrika*, 13(1), 25-45.

- Penrose, E. T. (1959). *The theory of the growth of the firm*. New York: Oxford University Press, 1959.
- Ray, S. C. (2004). *Data envelopment analysis: theory and techniques for economics and operations research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rogers, E., & Schoemaker, F. (1971). *Communication of innovations: a cross cultural approach*. New York: Free Press.
- Schumpeter, J. (1934). *The theory of economic development*. Cambridge: Harvard University Press.
- Stamm, B., & Trifilova, A. (2009). *The future of innovation*. Farnham: Gower.
- Tidd, J. (1998). Impacto de los nuevos productos en la rentabilidad y el valor de la empresa. In A. Vazquez, *Tendências de gestão en el nuevo milênio: hacia la empresa del conocimiento* (pp. 51-56). Bilbao: Cluster del Conocimiento.
- Tidd, J., Bessant, J., & Pavitt, K. (2008). *Gestão da inovação*. Porto Alegre: Bookman.
- Tigre, P. B. (2006). *Gestão da inovação: a economia da tecnologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Zhang, D., Banker, R. D., Li, X., & Liu, W. (2011). Performance impact of research policy at the Chinese Academy of Sciences. *Research Policy*, 40(6), 875-885.

EFFICIENCY IN INNOVATION OF ASSOCIATED ORGANIZATIONS OF MINAS GERAIS SOFTWARE FOUNDATION

ABSTRACT

This article presents a model for efficiency evaluation applied to associated companies with the Minas Gerais Software Foundation - *FUMSOFT*. The appropriate model in the measurement was the Variable Return to Scale (VRS) - (Banker, Charnes & Cooper, 1984) output oriented. The methodology focused on production metrics of innovation in firms. The inputs chosen based on literature were number of employees in general and employees with education in *stricto sensu* master or PhD; and the outputs were billing amount, number of innovation projects developed with success and participation of new products or services in the billing. The measures of results were based on the construction and analysis of a relative technical efficiency frontier through which companies are classified as **efficient** or **non efficient**. Data was collected from 28 organizations. Non-parametric method Data Envelopment Analysis (DEA) - (Charnes, Cooper & Rhodes, 1978) was used in order to evaluate efficiency degrees. In conclusion, eleven organizations operated efficiently, nine have opportunity for improvement in a total of twenty-five companies analyzed. Five were excluded as outliers.

Key-words: Innovation; Software companies; Relative technical efficiency; Data envelopment analysis; DEA.

Data do recebimento do artigo: 16/11/2013

Data do aceite de publicação: 27/02/2014